

煎茶岭硫化镍矿床矿石组分特征及其赋存状态

王瑞廷^{1,2}, 毛景文^{1,3}, 任小华², 汪军谊², 王小红⁴

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 西北有色地质勘查局, 陕西 西安 710054;

3. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037; 4. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 采用高精度的新一代 ICP-MS 分析技术, 依据新的研究思路和方法, 在详细分析研究煎茶岭硫化镍矿床矿石组分特征及其赋存状态的基础上, 进一步探讨其成矿作用机制和成因类型。研究认为, 煎茶岭硫化镍矿床矿石主要组分为 Ni、Cu、Co、Fe、S、PGE 等, 其高的 Ni/Cu、低的 Cu、PGE 含量值反映该矿床为高镁岩浆演化的产物。矿石可分为磁黄铁矿-镍黄铁矿型和黄铁矿-针镍矿-辉镍矿型两类, 并以前者为主, 表明该矿床的形成至少经历了早期岩浆成矿和晚期热液变质改造成矿两个阶段, 应属于岩浆熔离-热液改造成因类型。矿石中的镍主要以镍黄铁矿、紫硫镍铁矿、针镍矿和辉镍矿等独立镍矿物存在; 镍有 3 种赋存形式, 以硫化镍为主, 硅酸镍、硫酸镍少量。在煎茶岭超基性岩上升侵位过程中, 随着岩浆的演化分异先于新元古代在岩体边缘或内部形成镍矿床, 而后于印支-燕山期在岩体接触带形成金矿床, 它们是在统一的与幔源超基性岩有关的成矿系统中形成的具内在成因联系的成矿系列。

[关键词] 硫化镍矿床; 矿石组分; 赋存状态; 煎茶岭

[中图分类号] P618.63 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)01-0034-05

[作者简介] 王瑞廷(1969-), 男, 陕西杨凌人, 西北有色地质勘查局高级工程师, 中国地质大学(北京)博士后, 从事矿床地球化学和矿产勘查预测研究。

陕西省略阳县煎茶岭大型硫化镍矿床自 1970 年发现以来, 因其规模较小, 一直未开采, 长期以来它以其与镁质超基性岩有关的独特地质背景、成矿特征和重要的研究意义受到众多学者的关注, 并已取得了不少研究成果^[1~3]。笔者旨在对煎茶岭镍矿床矿石组分特征及其主要成矿元素赋存状态进行详细分析研究, 并探讨其成矿作用机制和成因类型。

1 区域及矿床地质概况

区域上煎茶岭镍-金矿田位于松潘-甘孜造山带摩天岭褶皱系东部, 勉(县)-略(阳)-阳(平关)元古代隆起区北缘。该区北以略阳-褒河深断裂为界, 以勉-略蛇绿构造混杂岩带与秦岭造山带相接, 南以汉江深断裂为界与扬子地块相连, 其北部鱼洞子地体和南部碧口地体对接拼贴构成一个三

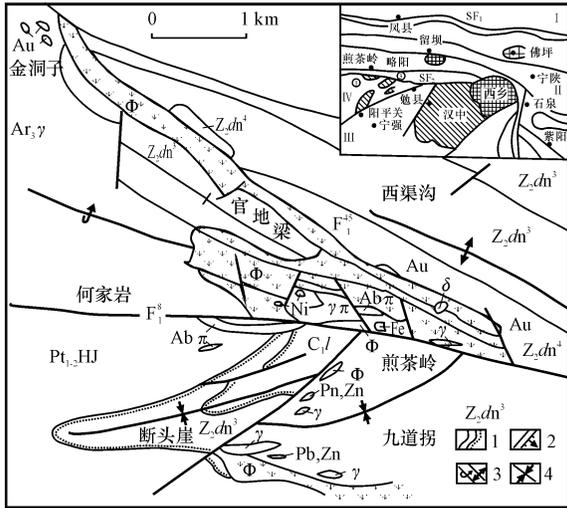
角形构造复合地体, 即勉-略-阳三角区, 同时其内也形成一个金、铜、镍等金属矿化集中区^[1]。

煎茶岭大型含钴硫化镍矿床赋存于煎茶岭超基性岩体中(图 1), 而煎茶岭金矿床则主要位于超基性岩体北侧与震旦系灯影组白云岩的接触断裂带中。该岩体沿北东东向与北西西向断裂交汇部位侵入于何家岩背斜东部倾伏端, 东西长 5 km, 南北宽 0.3~1.2 km, 钻探测深 > 1.1 km, 出露面积约 5 km², 平面上呈中部膨大, 向北西、南西分枝, 向东收缩的“燕鱼”形态, 剖面上呈向南陡倾的岩墙^[1]。其北西、南西分枝分别为北部的三岔子岩枝和南部的柳树沟岩枝, 主岩体及其分枝为岩浆冷侵位形成。产于该超基性主岩体内的晚期侵入体主要有花岗斑岩、钠长斑岩等。花岗斑岩长轴近东西向, 南界面受断裂限制较平直, 北界面呈向北凸出的弧形, 浅部向北缓倾, 深部向南陡倾, 东西端延伸浅, 中部较大; 钠长斑岩主要集中分布在主岩体中部, 呈大致左行斜列的脉岩群, 构成了一个宽约 0.1~0.3 km 的脉带, 与矿体走向一致, 产状上与花岗斑岩相同, 均为深部南倾, 浅部北倾。煎茶岭超基

[收稿日期] 2004 03 12

[基金项目] 国家重大基础研究规划项目(1999043211); 西北有色地质局人才基金项目

性主岩体 Sm-Nd 等时线年龄为 $(927 \pm 49) \text{ Ma}^{[2]}$, 其镍矿石 Re-Os 等时线年龄为 $(878 \pm 27) \text{ Ma}^{[3]}$, 说明成岩及早期岩浆成矿作用基本同时发生于新元古代。该主岩体深度变质, 岩石已强烈蚀变成蛇纹岩、滑石菱镁岩、菱镁岩, 其 M/F 值为 8.45 ~ 11.96, 属镁质超基性岩。全岩分析表明, 此岩体具有高 Mg, Ni, 低 S, K, Na 特征, 推测其原岩为纯橄橄榄岩、方辉橄橄榄岩等^[3~5]。现今岩体构造裂隙发育, 主要由蛇纹岩、滑石/石英菱镁岩及透闪岩等蚀变岩石组成。



1 - 整和不整和地层界线; 2 - 断层逆断层及编号; 3 - 倾伏倒转背斜, 背斜; 4 - 向斜; C₁l - 略阳组灰岩; Z₂D - 板岩(未分); Z₂dn³ - 灯影组白云岩、灰岩、板岩; Z₂dn⁴ - 灯影组白云岩; Pt₁₋₂HJ - 何家岩岩群绿帘角闪岩; Ar₃γ - 鱼洞子群混合岩、片麻岩; γ - 花岗岩; γπ - 花岗斑岩; δ/Abπ - 闪长岩/钠长斑岩; Φ - 超基性岩; Au - 金矿; Ni/Fe - 镍矿/铁矿; Pb, Zn - 铅锌矿; I - 华北地台; II - 秦岭造山带; III - 扬子地块; IV - 摩天岭微地块; SF₁ - 商丹缝合带; SF₂ - 勉略缝合带。

图 1 煎茶岭硫化镍矿床地质图(据文献[6]修编)

Fig. 1 Sketch map of geology of the Janchaling sulfide nickel deposit

该矿床可分为南、北、中 3 个矿化带, 各矿体皆位于岩体南部印支期花岗斑岩外接触带弧形断裂蚀变带中, 且其成群成带环绕外接触带分布^[1]。目前探明的 16 个矿体主要集中分布在中带主岩体中段, 两侧分枝岩体仅见镍矿化, 无工业意义。通常矿体走向 280° 至南西 260°, 南倾, 倾角 68° ~ 75°, 呈透镜体状、似层状产出, 与变质超基性岩体产状一致。单个矿体沿走向和倾向均有明显地分枝复合、膨胀收缩现象, 受花岗斑岩北接触带向北突出向南倾斜的弧形构造控制, 各矿体也呈北凸南倾的弧形产出, 在剖面、平面上, 矿体产状完全与花岗斑岩北接触带一

致^[1,3]。矿体规模变化较大, 主要矿体均具有浅部矿体薄、矿石品位低、深部矿体厚、矿石品位高的变化规律。全矿床镍、钴平均品位分别为 $w(\text{TNi}) 0.683 \times 10^{-2}$, $w(\text{Co}) 0.026 \times 10^{-2}$, 已圈定镍储量近 $2.2 \times 10^4 \text{ t}$, $w(\text{SNi})$ 平均品位 0.532×10^{-2} , 钴金属量为 $1 \times 10^4 \text{ t}$, 平均品位 0.026×10^{-2} , 且兼属中型磁铁贫矿床, 含滑镁岩贫铁矿 $3.2 \times 10^7 \text{ t}$ 。该镍矿床主要为低品位贫矿石, $w(\text{TNi})$ 品位 $> 1\%$ 的富镍矿占全矿总吨量的 30%。这些富镍矿体常位于贫镍矿体中、下部和深部, 形态与产状均与贫镍矿体一致。该矿床多数矿体赋存在滑镁岩或菱镁岩相、叶蛇纹岩夹滑镁岩和菱镁岩相中, 矿体顶、底板围岩均为超基性岩体的各类蚀变岩石, 即叶蛇纹岩、透闪岩、滑镁岩和菱镁岩等, 以滑镁岩为主, 叶蛇纹岩次之, 透闪岩、菱镁岩等少量。矿体内部多见夹层或矿化岩石层, 夹层岩性主要为叶蛇纹岩, 尚有滑石片岩、纤胶蛇纹岩, 夹层与矿体呈渐变过渡关系, 各夹层平均含全镍为 $(0.151 \sim 0.251) \times 10^{-2}$ 。

2 矿石结构构造组分特征及其类型

煎茶岭硫化镍矿石常见结构有半自形-自形晶粒结构(黄铁矿呈自形晶产出)、填隙交代结构、火焰状结构、乳油状结构、结状结构和似海绵陨铁结构等, 亦见有交代残余结构(黄铁矿交代原有的磁黄铁矿、镍黄铁矿)、网脉状结构、骸晶结构(磁黄铁矿、铬尖晶石被交代后仅在晶骸中残余小部分)、边缘结构(紫硫镍铁矿沿黄铁矿边缘交代)、包含结构等。矿石构造主要有浸染状构造、斑点状构造、斑杂状构造、似条带状构造和致密块状构造, 镜下观察表明, 以前 3 类构造为主(斑杂状构造较多见), 后两类构造较少。浸染状构造以中等-稀疏浸染状构造最多, 稠密浸染状构造少见。研究发现, 角砾状构造, 角砾由白色脉石组成, 黄铁矿、镍黄铁矿、赤铁矿、磁黄铁矿等矿石矿物充填在角砾之间, 并呈条带状分布, 黄铁矿形成较晚, 呈粒状集合体或分散浸染状分布, 一般为他形结构, 个别较大者呈自形晶。矿床内见有浸染状和脉状两种富镍矿石。浸染状富矿石具中粗粒粒状结构, 块状构造、稠密浸染状构造; 脉状富矿石具残余结构、自形晶粒结构, 致密块状、脉状及网脉状构造。

矿石中主要造矿矿物有镍黄铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、紫硫镍铁矿、针镍矿、辉镍矿、

镜铁矿和辉砷镍矿等。脉石矿物有蛇纹石、绿泥石、透闪石、滑石、菱镁矿、石英、铁白云石、铁方解石、铬云母、绿帘石、阳起石等。副矿物有磷灰石、榍石等。研究表明, 镍黄铁矿在形成阶段上有三个结晶世代。第一世代镍黄铁矿产于早期浸染状磁黄铁矿-镍黄铁矿型矿石中, 分布最广, 呈乳浊状、火焰状赋存在磁黄铁矿中或沿磁黄铁矿颗粒边部析出, 构成环状构造, 属固溶体分解产物, 反映了岩浆成矿作用。该期镍黄铁矿含镍性好, 是最主要的工业矿物。第二世代镍黄铁矿产于贯入矿脉的磁黄铁矿-镍黄铁矿块状矿石中, 分布少, 以在磁黄铁矿中的火焰状和磁黄铁矿边界的结状析出两种形式出现, 它与第一世代的镍黄铁矿特征基本相同。第三世代镍黄铁矿是浸染状磁黄铁矿-镍黄铁矿型矿石遭受后期热液作用发生重结晶而形成的, 分布不广, 常与紫硫镍铁矿相伴, 个别情况下和其一一起在黄铁矿和针镍矿中交代残余体出现, 指示了热液变质改造成矿作用。该期镍黄铁矿相对第一世代富镍而贫铁、钴, 可能因为第一世代镍黄铁矿在后期热液变质作用下, 发生重结晶过程中铁转变为氧化物, 使得镍含量相对增高。本次光片镜下研究至少发现两期镍黄铁矿, 第一期镍黄铁矿为浅色, 形成略早; 第二期镍黄铁矿呈黄色, 与磁黄铁矿近于同时形成。

表 1 煎茶岭镍矿床不同类型矿石中成矿元素平均含量

成矿元素	滑镁岩型矿石	蛇纹岩型矿石	菱镁岩型矿石	透闪岩型矿石	钠长岩型
$w(\text{Ni})/10^{-2}$	2.28	1.74	1.22	1.47	0.55
$w(\text{Co})/10^{-6}$	946.38	510.96	522.63	456.98	515.40
$w(\text{Cu})/10^{-6}$	510.06	629.94	849.21	436.02	519.81
$w(\text{Fe})/10^{-2}$	19.08	24.21	18.92	7.19	10.72
$w(\text{Ni})/w(\text{Cu})$	37.38	27.62	14.37	33.72	10.58
$w(\text{Cu})/[w(\text{Cu})+w(\text{Ni})]$	0.03	0.04	0.07	0.03	0.09

注: 中国科学院地球化学研究所资源环境测试中心李荪蓉采用 ICP-MS 分析, 为 16 件样品平均值。

矿石的主要组分为 Ni, Cu, Co, Fe, S, PGE, 且与一般铜镍岩浆硫化物矿床明显不同, 其 Cu, PGE 含量很低, $w(\text{Ni})/w(\text{Cu}) > 10$ (表 1)。一般认为超镁铁质岩浆形成的镍铜硫化物矿床矿石的 $w(\text{Ni})/w(\text{Cu}) > 7^7$, 如加拿大 Dumont 镍矿床 $w(\text{Ni})/w(\text{Cu}) > 20^{[8,9]}$, 煎茶岭镍矿床看来也是如此, 其高的 $w(\text{Ni})/w(\text{Cu})$, $w(\text{Ni})/w(\text{Co})$ 值反映该矿床为

高镁岩浆演化的产物, 低的 PGE 含量符合镁质超基性岩体中镍矿床铂族元素含量普遍较低的规律¹⁰。

从成矿地质特征来看, 矿石自然类型按矿物共生组合可分为 5 类即: ①磁黄铁矿-镍黄铁矿-黄铜矿型; ②磁黄铁矿-镍黄铁矿-黄铁矿-黄铜矿型; ③黄铁矿-镍黄铁矿-紫硫镍铁矿-黄铜矿型; ④黄铁矿-针镍矿-辉镍矿-黄铜矿型; ⑤黄铁矿-磁黄铁矿型。其中第二种矿石类型是该区最常见、最普遍且大量出现的主要类型。本次研究工作镜下鉴定了该矿区的 9 件矿石光片, 结果表明, 大多数矿石矿物组合为磁黄铁矿-镍黄铁矿-黄铁矿(磁铁矿)-黄铜矿, 这与前人关于该矿床矿石矿物组合的研究结论一致, 即矿石大体上分为磁黄铁矿-镍黄铁矿型和黄铁矿-针镍矿-辉镍矿型两类, 并以前者为主, 主要构成蛇纹岩型、滑镁岩型、菱镁岩型及透闪岩型矿石。矿石工业类型分为硅酸镍型和硫化镍型, 但以后者为主, 这体现了岩浆成矿作用居于主导地位。硫化镍型矿石按硫化率分为原生矿石 ($w(\text{SNi})/w(\text{TNi}) > 70\%$, 占总量的 91%)、混合矿石 ($45\% < w(\text{SNi})/w(\text{TNi}) < 70\%$, 占 9%)、氧化矿石 ($w(\text{SNi})/w(\text{TNi}) < 45\%$, 所占比例 $< 1\%$)。显然, 硫化镍矿石多为原生型, 少量混合型及氧化型矿石仅见于地表。对以钻孔样品为主的 2 871 件矿石单样化学分析表明, 矿石品位在各品级中的比例分别为, 各单样属特富矿石 $w(\text{TNi}) > 3\%$ 的占 0.3%, 均为原生矿; 属富矿石 ($1\% \leq w(\text{TNi}) < 3\%$) 的占 12.5%, 其中原生矿占 11.4%, 混合矿占 9%, 氧化矿占 0.2%; 属贫矿石 ($0.3\% \leq w(\text{TNi}) < 1\%$) 的占 87.2%, 其中原生矿占 56.7%, 混合矿占 29.4%, 氧化矿占 1.1%^[11]。

3 成矿及伴生元素的赋存状态

矿相学研究表明, 镍在矿石中主要以独立的镍矿物存在, 常为镍黄铁矿, 是早期形成矿石中的最主要镍矿物, 且镍在镍黄铁矿中均匀分布。在晚期阶段, 少量镍黄铁矿被交代形成紫硫镍铁矿; 其次为针镍矿和辉镍矿, 它们是晚期形成矿石中的主要含镍矿物, 亦偶见辉砷镍矿, 说明该矿床至少经历了早期岩浆成矿和晚期热液变质改造成矿两个阶段。在早期磁黄铁矿中含少量以类质同象形成存在的镍(平均为 0.63%), 较早期形成的黄铁矿含镍极少, 低于 0.1%, 较晚期形成的黄铁矿含镍较高,

可达 0.3%。

矿石中的钴, 以类质同象形式赋存于各种含镍矿物中, 其中镍黄铁矿、黄铁矿中含量相对较高, 分别为 0.58% 和 0.081%, 磁黄铁矿中含量较低, 为 0.018%。

矿石中的铜主要赋存在黄铜矿中, 含量很低, 品位 0.005% ~ 0.125%, 平均为 0.029%。黄铜矿虽然较常见, 但含量很少, 无明显富集现象。

矿石中的铬 (Cr_2O_3) 赋存于铬尖晶石和铬云母中, 且以前者为主, 在晚期热液变质阶段铬尖晶石普遍发生磁铁矿化。总体上铬含量较低, 为 0.05% ~ 0.55%, 平均为 0.187%^[11]。早期超基性岩中铬含量较低, 晚期超基性岩中铬含量较高, 这与晚期花岗岩斑岩等岩脉侵入引起的热液改造富集作用有关。

镍矿石中铁主要存在于磁铁矿中, 矿石全铁含量平均为 10.44%, 局部可达 20% ~ 30%, 可形成含镍铁矿物。铁矿物包括铁的氧化物, 以磁铁矿为主, 少量镜铁矿和褐铁矿; 其次为硫化物-黄铁矿和磁黄铁矿; 再次为碳酸盐和硅酸盐矿物-菱铁矿和硅酸铁等。铁在磁铁矿中的分配率最高 (60.62%), 其次为硅酸铁 (15.98%)^[11]。

不同类型矿石物相分析研究表明, 镍主要有 3 种赋存形式, 以硫化镍形式为主, 硅酸镍次之, 硫酸镍少量。早期矿化阶段形成的矿石中硫化镍含量高于晚期矿化阶段形成的矿石, 而硅酸镍和硫酸镍则低于晚期矿化阶段形成的矿石, 这与早期岩浆结晶分异-硫化萃取的成矿机制是一致的。同时, 在早期形成的矿石中尤以透闪岩型、蛇纹岩型矿石中硫化镍含量比例较高。早期与晚期滑镁岩型矿石中全镍含量基本相等, 但其所含硅酸镍晚期比早期矿石高 2 倍多, 即硫化镍有较大幅度地降低, 这种情况可能是由于晚期矿化阶段处于氧化环境, 以热液改造、变质淋滤成矿作用为主, 其中有一部分硫化镍转变为硅酸镍。

由表 2 可知, 随着镍矿石类型从菱镁岩型→滑镁岩型→蛇纹岩型→透闪岩型的变化, 镍矿石的硫化率依次增大。透闪岩型镍矿石作为富矿体常叠加在蛇纹岩型贫镍矿体之上。显然, 全镍及硫镍在不同类型矿石中的含量是不均匀的, 早期岩浆型矿石以硫化镍为主, 而晚期变质的矿石中硫化镍相对减少, 其原因除原始岩相中镍的丰度不均匀外, 可能与表生条件下蛇纹石化的淋滤作用有关。各类型矿石中钴含量基本接近, 全镍、硫镍与钴之间无明显地比

例变化关系, 本次所获镍与钴的相关系数仅为 0.54。

表 2 煎茶岭镍矿床不同类型镍矿石 Ni、Co 含量

Table 2 Contents of Ni and Co in different type of ores from Jianchaling sulfide nickel deposit

矿石类型	w(TNi)	w(SNi)	w(Co)	w(SNi)/w(TNi) %
滑镁岩型(3)	2.17	1.92	0.095	88.48
蛇纹岩型(2)	1.65	1.52	0.051	92.12
菱镁岩型(1)	1.10	0.79	0.052	71.82
透闪岩型(1)	1.61	1.54	0.046	95.65
钠长岩型(1)	0.74	0.64	0.052	86.47
滑石岩型(1)	0.98	0.72	0.043	73.47

注: () 中数字为样品数, Co 含量为本次工作 ICP-MS 测试成果, 其他数据据文献[3, 11] 计算整理; Ni, Co/10⁻²。

区域上, 煎茶岭金-镍矿田构造岩浆活动强烈, 同位多期岩浆作用明显, 为成矿提供了良好地环境和条件。煎茶岭含钴硫化镍矿床和金矿床均与煎茶岭超基性岩体有关, 岩浆作用对金、镍的成矿均有贡献, 超基性岩浆侵位过程中形成了部分镍矿石, 同时为金矿的形成带来了深部物源。在岩浆演化过程中, 金、镍作为核-幔中高温高含量元素, 随着岩浆上侵和结晶分异其成矿时间上有先后, 镍矿床形成于新元古代而金矿床形成于印支-燕山期^[3, 12], 即先镍后金; 赋矿空间上有分离, 岩体边缘或内部赋存镍而岩体接触带赋存金, 即内镍外金。同时, 二者都具有热液叠加成矿特征, 因此, 镍矿床为岩浆熔离-热液改造型, 载镍矿物既出现磁黄铁矿-镍黄铁矿组合, 又出现针镍矿-辉镍矿组合, 成矿元素组合为 Ni-Co-(Au); 而金矿床为岩浆热液-构造蚀变岩型^[13], 载金矿物既出现黄铁矿-白铁矿组合, 又出现褐铁矿-白云石组合, 成矿元素组合为 Au-As-Ni-Co。

4 结论

(1) 煎茶岭镍矿床矿石的主要组分为 Ni, Cu, Co, Fe, S, PGE 等, 其高的 Ni/Cu 值、低的 Cu, PGE 含量反映该矿床为高镁岩浆演化的产物, 与其赋存岩体之特征一致。

(2) 矿石可分为磁黄铁矿-镍黄铁矿型和黄铁矿-针镍矿-辉镍矿型两类, 并以前者为主, 表明该矿床的形成至少经历了早期岩浆成矿(居主要地位)和晚期热液变质改造成矿两个阶段, 且各自以镍黄铁矿、针镍矿为特征指示矿物, 故该矿床应属于岩浆熔离-热液改造成因。

(3) 矿石中的镍主要以独立的镍矿物存在, 常为镍黄铁矿、紫硫镍铁矿、针镍矿和辉镍矿, 镍有 3 种赋存形式, 以硫化镍为主, 硅酸镍次之, 硫酸镍少量。矿石中的钴以类质同象形式赋存于各种含镍矿物中, 其中镍黄铁矿、黄铁矿中含量相对较高。

(4) 在煎茶岭超基性岩上升侵位过程中, 随着岩浆的演化分异先于新元古代在岩体边缘或内部形成镍矿床, 而后于印支—燕山期在岩体与白云岩的接触带形成金矿床, 它们是在统一的与幔源超基性岩有关的成矿系统中形成的具内在成因联系的成矿系列, 各自表现出其独特的矿石组分特征及赋存状态。

[参 考 文 献]

- [1] 王相, 唐荣扬, 李实, 等. 秦岭造山与金属成矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996
- [2] 庞春勇, 陈民扬. 煎茶岭地区同位素地质年龄数据及其地质意义[J]. 矿产与地质, 1993, 7(5): 354~360.
- [3] 王瑞廷. 煎茶岭与金川镍矿床成矿作用比较研究[D]. 西安: 西北大学, 2002
- [4] 骆华宝, 乔德武. 中国主要含镍岩体特征及其成因[J]. 岩石矿物学杂志, 1993, 12(4): 312~324
- [5] 张国伟, 张本仁, 袁学城, 等. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 任小华. 陕西煎茶岭金矿床地质特征及其成因意义[J]. 矿产与地质, 2000, 14(2): 70~75
- [7] Marston R J, Groves D I, Hudson D R, et al. Nickel sulfide deposits in Western Australia: a review[J]. Econ Geol, 1981, 76: 1330~1363
- [8] Eckstrand O R. The Dumont serpentinite: a model for control of nickeliferous opaque mineral assemblage by alteration reactions in ultramafic rocks[J]. Econ Geol, 1975, 70: 183~201.
- [9] Barnes S J, Zientek M, Severson M J. Ni, Cu, Au and platinum group element contents of sulfides associated with intraplate magmatism: a synthesis[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1997, 34: 337~351.
- [10] 王瑞廷, 赫英, 刘明武, 等. 煎茶岭硫化镍矿床矿石地球化学特征[J]. 地球学报, 2002, 23(6): 535~540
- [11] 西北有色地质勘查局 711 总队. 陕西省略阳县煎茶岭镍矿床地质详查报告[R]. 陕西汉中: 西北有色地质勘查局 711 总队, 1995
- [12] 黄婉康, 甘先平, 单祖翔, 等. 陕西煎茶岭矿区的岩石及成矿时代研究[J]. 地球化学, 1996, 25(2): 150~156
- [13] 王瑞廷, 赫英, 王新. 煎茶岭大型金矿床成矿机理探讨[J]. 西北地质科学, 2000, 21(1): 19~26

Ore composition and hosting condition in the Jianchaling sulfide nickel deposit, Shaanxi province

WANG Rui ting^{1,2}, MAO Jing wen^{1,3}, REN Xiao hua², WANG Jun yi², WANG Xiao hong⁴

(1. Faculty of geosciences and resources, China University of geosciences, Beijing 100083, China;

2. Bureau of geological exploration for nonferrous metals in northwest China, Xi'an 710054, China;

3. Institute of mineral resources, Chinese Academy of geological sciences, Beijing 100037, China;

4. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: On the basis of researching in composition feature and existing phase of ores from the Jianchaling sulfide nickel deposit by means of new and high precision ICP MS analysis technique, its mechanism and type of metallogenesis is further studied with new thoughts and methods. The main composition of ore in the Jianchaling sulfide nickel deposit includes Ni, Cu, Co, Fe, S, PGE, and so on, its high Ni/Cu value and lower content of Cu, PGE indicate that the formation of the nickel deposit resulted from the evolution of high Mg magma. The nickel deposit has two typed ores, the pyrrhotite pentlandite type and pyrite millerite polydymite type, and the first type is predominant, which proved that the formation of the nickel deposit at least experienced the former magmatic metallogenesis and the later hydrothermal metamorphism reconstructed metallogenesis two periods. Therefore, the deposit should be magma melt hydrothermal reconstructed type. The nickel in ores exist mostly by simple nickel minerals such as pentlandite, violarite, millerite and polydymite, and its hosting condition is sulfide, silicic, and sulfate nickel three shapes. The first is dominant. During the intrusion process of the Jianchaling ultra basic rock, the nickel deposit is formed inside or in the margin of rockbody in Neo Proterozoic, and subsequently the gold deposit was formed in the contacting belt of rockbodies in the Indosinian Yanshanian time accompanying the evolution and differentiation of magma. It is a metallogenic series that have inner genic relation in the uniform metallogenic system involved with mantle sourced ultra basic rock.

Key words: sulfide nickel deposit; ore composition; hosting condition; Jianchaling

[英文审定: 周军]